

氏名 大 井 暁 彦

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 理 学

学位授与番号 博甲第2341号

学位授与の日付 平成14年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科物質科学専攻

(学位規則第4条第1項該当)

学位論文の題目 α -SiC結晶の表面改質に関する基礎的研究：Niによる金属化
およびAlイオン注入

論文審査委員 教授 岩見 基弘 教授 澤田 昭勝 教授 中野 逸夫

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

炭化ケイ素(SiC)半導体による超低損失電力素子、耐熱・放射線電子素子などを実現するためには、SiC半導体表面・界面に起こる現象を理解し制御することが重要である。本論文ではSiCの表面及び界面に関わる研究として、Ni/SiC接合構造の熱処理による界面反応領域の化学的状態に関する研究を第1部として、SiC表面へのイオン注入後の熱処理による電気伝導性と表面形状への影響に関する研究を第2部として報告する。

Ni/SiC接合構造の熱処理により作成した電極では高い電気伝導性が得られるが、より低温で同じ化合物相が形成されるにも関わらず良好な電気伝導性が得られないこと、また膜内部に存在するC原子の状態が明らかにされていないなどの問題がある。第1部では物質から放出される特性X線のうち、価電子帯構造の情報を持って発せられる軟X線放出に注目し、熱処理したNi薄膜/4H-SiC(0001)接合界面領域のSi及びC原子による軟X線放出スペクトルを用いて物質がとる化学的状態に関する研究を行った。その結果、反応膜中のSi原子はNi₂Siシリサイドを構成することを示した。また950℃の熱処理で作成した反応膜中ではSiCの分解により生じる余剰のC原子はグラファイトを形成し、熱処理温度600℃、800℃の場合はグラファイトに類似の化学結合状態であるが、層構造の層間結合が異なる物質を形成することが明らかになった。また600℃、800℃の熱処理による試料では950℃の熱処理による試料と比較してC原子がより深く分布することを示した。

これらの研究からNi/SiCの固相反応法による電極構造では膜中に含まれる炭素のとる化学結合状態及び深さ方向分布が熱処理温度により異なることを明らかにし、この系を用いた電極で知られている熱処理による電気伝導特性の違いに対応づけた。

SiCで選択的不純物領域を作成するためにイオン注入及び熱処理による活性化・結晶性回復処理が必要となる。しかし高温下で α -SiC(0001)隣接面による表面はマクロなステップバンチングの発生などにより平坦性が損なわれることが問題となる。第2部ではイオン注入後の熱処理が注入領域の電気伝導性及び表面形状へ及ぼす影響に関する研究を行った。イオン注入法により不純物領域を作成し、1550℃～1750℃、3～30minの範囲で系統的に熱処理を行った後、自由ホール濃度及び移動度と表面荒さを調べた結果を基に、最適な熱処理条件について検討した。また表面形状の詳細から、マクロステップの形成機構に関する考察を行った。これをもとに熱処理前の試料加工及び表面の修飾を行い、1550℃、30分の熱処理で凹凸の無視できる平坦な表面を得た。

論文審査結果の要旨

本論文は、2部から構成されている。まず、第一部では、4H-SiC(0001)表面に Ni を堆積し Ni/SiC 接合構造を作成した後、固相反応法による界面反応層形成を 600~950℃の異なる熱処理温度で行い、作成した試料の反応層の構成原子がとる化学的状態を軟 X 線放出分光法 (SXES) を用いて評価している。Ni シリサイドの生成について、試料から得た Si L_{2,3} SXE スペクトルを用いて Si の化学結合状態を標準物質から得たスペクトルとの比較による同定を行った結果、熱処理により作成した反応膜表面から基板までの Si 原子は Ni₂Si シリサイド状態にあることを結論している。次いで SiC の分解により生じる余剰の C 原子が反応膜中でとる化学的状態を、試料から得た C K SXE スペクトルを用いて評価し、その結果、950℃の熱処理で作成した試料の反応膜に含まれる C 原子は graphite を形成していることを明らかにしている。また熱処理温度 600℃、800℃の場合はグラファイトに近い化学結合状態であるが、層構造の層間結合が異なる物質が含まれていることを示唆している。

第2部では、イオン注入法により Al 原子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ の注入領域を作成し、1550 ~ 1750℃、3 ~ 30min の範囲で系統的に熱処理を行い、注入領域の自由ホール濃度、その移動度及び表面荒さを調べた結果を基に、最適な熱処理条件を提案している。また表面形状の詳細から、熱処理による 6H-SiC(0001) - 3.5° off 表面のマクロステップの形成機構に関する考察を行い、これをもとに熱処理前の試料加工及び表面の装飾を行うことにより、1550℃、30 分の熱処理で凹凸の無視できる平坦な表面を得ることに成功している。

以上のように、SiC 表面の改質、即ち Ni による金属化及び Al イオン注入による p+ 層形成に関する基礎物性を解明しており、博士の学位に値するものと判断する。